

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3824133 A1

②① Aktenzeichen: P 38 24 133:1
②② Anmeldetag: 15. 7. 88
④③ Offenlegungstag: 18. 1. 90

⑤ Int. Cl. 5:
F02 M 31/10
F 02 M 31/08
F 02 B 37/12

Behördensig

DE 3824133 A1

BEST AVAILABLE COPY

⑦① Anmelder:
Schatz, Oskar, Dr.-Ing., 8035 Gauting, DE

⑦④ Vertreter:
Lamprecht, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

⑤④ Verfahren zum Betrieb eines Verbrennungsmotors

Das Verdichtungsverhältnis eines Verbrennungsmotors wird auf den niedrigsten, im betriebswarmen Zustand erwünschten Wert reduziert. Unter Berücksichtigung eines vorgegebenen optimalen Brenngastemperaturverlaufs wird die Brennluft vor ihrem Eintritt in die Brennkammer des Motors entsprechend der jeweiligen Betriebssituation hinsichtlich Temperatur und/oder Mengenstrom beeinflusst.

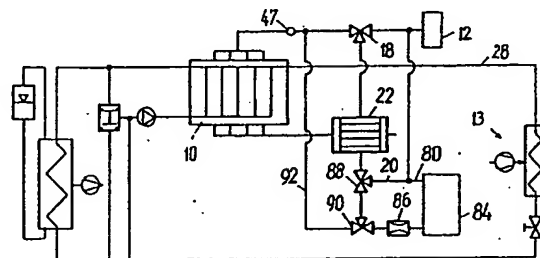


Fig. 7

DE 3824133 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Verbrennungsmotors, insbesondere eines PKW-Motors.

PKW-Motoren haben ein breites Einsatzgebiet. Sie müssen extremen Anforderungen genügen. Einerseits müssen sie bei niedrigen Umgebungstemperaturen startfähig sein, andererseits wird beispielsweise bei Autobahnfahrt bei hohen Drehzahlen hohe Leistung gefordert. Üblicherweise, d.h. bei mehr als 90% der zeitlichen Nutzung, werden PKW-Motoren jedoch bei niedrigen Drehzahlen und niedrigen Lasten gefahren. Man kann drei wesentliche Betriebszustände hervorheben, nämlich Kaltstart, niedrige Teillast und Vollast. Diese weisen extreme Unterschiede in der Brenngastemperatur kurz vor und während des Expansionshubs auf, wodurch Unterschiede in Verbrauch und Abgasemissionen entstehen. Beim Dieselmotor wird auch der Lärm wesentlich beeinflusst.

Die Brenngastemperatur, nämlich die Höhe und der zeitliche und örtliche Verlauf der Temperaturen der im Brennraum miteinander reagierenden Brennluft- und Brennstoffmoleküle und ihrer Reaktionsprodukte, kurz Brennmasse oder Brenngase genannt, wird in ihrer entscheidenden Phase kurz vor und während des Expansionshubs im wesentlichen von der augenblicklichen Betriebstemperatur des Motors, insbesondere von der Temperatur der Wände des Brennraums und von der Temperaturerhöhung der Brennluft durch die motorische Verdichtung bestimmt, außerdem von der Brennlufttemperatur bei Eintritt in den Brennraum, sowie dem Massenverhältnis von Brennluft zu Kraftstoff.

Die Motorbetriebstemperatur hängt von dem augenblicklichen Lastzustand und der Drehzahl ab sowie von den Auswirkungen der unmittelbar vorausgegangenen Betriebszustände, also beispielsweise davon, ob eine steigende Temperaturentwicklung vorhanden ist oder eine fallende.

Die Temperaturerhöhung der Brennluft durch die motorische Verdichtung wird in erster Linie von dem üblicherweise konstruktiv fest vorgegebenen Verdichtungsverhältnis bestimmt, hängt aber auch mit der Betriebstemperatur des Motors zusammen. Ist die Betriebstemperatur des Motors hoch, dann ist auch die Temperaturerhöhung durch die Motorverdichtung hoch, weil weniger Wärme aus der Brennluft abfließt und der Verdichtungsdruck und somit die Energiezufuhr vom Anlasser in die Brennluft hoch gehalten werden. Ist die Betriebstemperatur des Motors niedrig, wie beispielsweise beim Kaltstart, dann ist auch die Temperaturerhöhung durch die Motorverdichtung niedrig. Es verstärken sich somit die beiden wesentlichen, die Höhe der Verdichtungs- und die Temperaturerhöhung bestimmenden Komponenten gegenseitig.

Höhe und Verlauf der Brenngastemperatur unmittelbar vor und während des Expansionshubs sind die wichtigsten Einflußgrößen auf die Güte der motorischen Verbrennung. Sie bestimmen den Kraftstoffverbrauch und die Höhe der schädlichen Abgasemissionen sowie den Lärm beim Dieselmotor. Außerdem spielen auch Höhe und Verlauf des Druckes während des Expansionshubs eine Rolle. In Grenzen sind Temperatur- und Druckverlauf abtauschbar, d.h., eine Absenkung des Druckes wirkt ähnlich wie eine Absenkung der Temperatur und umgekehrt.

Da die Vorgabe eines festen Verdichtungsverhältnisses einen Kompromiß für alle Betriebszustände des Mo-

tors darstellt, werden die optimalen Brenngastemperaturen praktisch in keinem Betriebszustand eingehalten, weil die Temperaturerhöhung der Brennluft durch die motorische Verdichtung, beispielsweise beim Kaltstart, zu niedrig ist, so daß die Brenngastemperaturen wesentlich unter dem Optimum liegen, während bei Vollast die Temperaturerhöhung durch die Motorverdichtung zu hoch ist und deshalb die Brenngastemperaturen weit über dem Optimum sind. Selbst in dem zeitlich so wichtigen Bereich niedriger Teillasten wird die optimale Brenngastemperatur kaum eingehalten.

Es ist deshalb die Aufgabe der Erfindung, die Brenngastemperatur unmittelbar vor und während des Expansionshubs in Höhe und zeitlichem Verlauf entsprechend der jeweiligen Betriebssituation zu regeln.

Die Lösung dieser Aufgabe besteht erfindungsgemäß darin, daß bei einem Motor mit einem Verdichtungsverhältnis, das auf den niedrigsten, im betriebswarmen Zustand erwünschten Wert reduziert ist, die Brennluft unter Berücksichtigung eines vorgegebenen optimalen Brenngastemperaturverlaufs vor ihrem Eintritt in die Brennkammer des Motors entsprechend der jeweiligen Betriebssituation beeinflusst wird.

Dabei kann die Temperatur der Brennluft und/oder ihr Mengenstrom beeinflusst werden. Unterschiedliche Luft-Kraftstoff-Verhältnisse sind insbesondere vom Dieselmotor her bekannt und stellen somit eine Regelgröße dar. Aber auch beim Otto-Motor, der üblicherweise mit einem festen Luft-Kraftstoff-Verhältnis im Bereich des stöchiometrischen Verhältnisses betrieben wird, kann die gezielte Regelung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses aus Emissions- und Verbrauchsgründen erwünscht sein, z.B. beim sogenannten Magermotor, wo mit erheblichem Luftüberschuß gearbeitet wird.

Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, daß die Abgasemissionen und die Kraftstoffverbräuche in allen Betriebssituationen verbessert werden. Außerdem können Drehmoment und maximale Leistung angehoben werden. Beim Dieselmotor wird zusätzlich die Kaltstartfähigkeit verbessert und der Lärm beim Kaltstart sowie in der Warmlaufphase reduziert. Insbesondere wird die Emission von Feststoffpartikeln reduziert, weil erfindungsgemäß in Betriebssituationen mit sonst zu hoher Betriebstemperatur die Temperaturerhöhung der Brennluft durch das niedrigere Verdichtungsverhältnis reduziert ist und in Betriebssituationen mit sonst zu niedriger Betriebstemperatur die Temperatur der Brennluft erhöht und damit dem jeweiligen Optimum angenähert ist.

Beim Ottomotor wird die Klopfneigung bei niedrigen Drehzahlen verbessert, weil die Temperatur der einfließenden Brennluft durch das niedrigere Verdichtungsverhältnis reduziert ist.

Die Brenngastemperatur oder der zeitliche und örtliche Temperaturverlauf der Brennluft- und Brennstoffmoleküle und ihrer Reaktionsprodukte während ihres Aufenthalts im Brennraum des Motors ist keine statische Größe, sondern eine sehr starken Änderungen unterworfenen dynamische Größe. Beim Eintritt in die Brennkammer zu Beginn des Saughubs, d.h. bei Einlaßtemperatur, haben die Moleküle ihre niedrigste Temperatur. Im Verlauf des Verdichtungs- und des Expansionshubs steigt die Temperatur stark an und erhöht sich während der Verbrennung nochmals schlagartig. Während des Arbeitshubs sinkt die Temperatur und erreicht beim Verlassen der Brennkammer den als Abgastemperatur bezeichneten Wert. Hierbei ist jederzeit an verschiedenen Orten der Brennkammer mit unterschiedlichen Temperaturen zu

rechnen.

Für die Verbrennungsgüte und somit für die Festlegung von Kraftstoffverbrauch und Abgasemissionen ist der Temperaturverlauf im Hochtemperaturbereich, also kurz vor und während des Expansions- oder Arbeits-
hubs, entscheidend. Hierbei sind drei charakteristische Temperaturen von Bedeutung:

- die Verdichtungsendtemperatur, die die Gemischbildung sowie die HC- und Rußbildung beeinflusst,
- die Verbrennungstemperatur, die die NO_x-Bildung wesentlich beeinflusst und
- die Arbeitsgastemperatur, die die Oxydation bis dahin unverbrannter Kraftstoffanteile (HC, Ruß) beeinflusst.

Vereinfacht dargestellt sind dies die Brenngastemperaturen unmittelbar vor, während und nach der Verbrennung.

Im Vergleich zum konventionellen Ablauf der Brenngastemperaturen wäre es wünschenswert, die Verdichtungsendtemperatur hoch zu halten, um die Gemischaufbereitung zu verbessern und dadurch die Bildung von Ruß und unverbrannten Kohlenwasserstoffen niedrig zu halten. Die Verbrennungstemperatur sollte insbesondere bei betriebswarmem Motor und hoher Last reduziert werden, um die NO_x-Bildung niedrig zu halten. Die Arbeitsgastemperatur sollte insbesondere bei kaltem Motor und niedriger Last hochgehalten werden, um unverbrannte Kohlenwasserstoffe und Ruß abzubauen.

Durch die erfindungsgemäße Behandlung der Brennluft vor deren Eintritt in den Brennraum des Motors kann eine gezielte Beeinflussung des Temperaturverlaufs in der Brennkammer erreicht werden. Beispielsweise kann beim Kaltstart des Dieselmotors durch die Erhöhung der Verdichtungsendtemperatur durch Brennluftherhitzung und die damit verbundene frühere Temperaturentwicklung während der Verdichtung der für die Zündung erforderliche Brennstoffüberschuß reduziert werden. Dadurch wird weniger Ruß und unverbrannter Kohlenwasserstoff entwickelt. Durch die höhere Verdichtungsendtemperatur wird außerdem der Zündverzögerung reduziert, so daß im Zündzeitpunkt eine geringere Kraftstoffmenge explodiert. Dadurch sinken Verbrennungstemperatur, Verbrennungsdruck und NO_x-Bildung.

Die Arbeitsgastemperatur steigt bei diesem Beispiel im selben Maße, wie die Verdichtungsendtemperatur ansteigt, was ebenfalls günstige Emissionswirkungen hat, weil gebildeter Ruß zum Teil wieder abgebaut wird.

Andererseits kann z.B. im Teillastbereich bei gleichbleibender Verdichtungsendtemperatur die Verbrennungstemperatur und die Arbeitsgastemperatur angehoben werden, indem der Luftüberschuß z.B. durch Drosselung reduziert wird.

Eine zweckmäßige Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, daß die Temperatur der Brennluft durch Wärmetausch beeinflusst wird. Dabei kann die Temperatur der Brennluft durch Rückführung von Verlustwärme des Motors durch Wärmetausch beeinflusst werden, wobei z.B. dem Wärmetauscher Verlustwärme aus dem Kühlwasser des Motors zugeführt wird. Alternativ oder zusätzlich kann dem Wärmetauscher, Verlustwärme aus dem Motorabgas zugeführt werden.

Nach einer weiteren zweckmäßigen Ausbildung kann die Verlustwärme des Motors indirekt über einen Wärmespeicher, insbesondere einen Latentwärmespeicher,

an die Brennluft abgegeben werden, wodurch auch beim Kaltstart Wärme zur Beheizung der Brennluft zur Verfügung steht.

Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung besteht darin, daß der Brennluftstrom in einen über einen Wärmetauscher führenden und einen den Wärmespeicher umgehenden Zweig aufgeteilt wird und die Temperatur der Brennluft durch Regelung der Mengenströme in beiden Zweigen beeinflussbar ist.

Die Erhöhung der Brennlufttemperatur vor ihrem Eintritt in den Motor kann auch durch Zuhilfenahme eines Laders bewirkt werden. Außer der Temperaturerhöhung ist beim Start eines Dieselmotors auch die mit dem Ladereinsatz verbundene Erhöhung der Luftmenge wünschenswert, weil dadurch mehr Kraftstoff verbrannt werden kann und somit der Startvorgang abgekürzt wird.

Durch Drosselung des Laders kann eine weitere Temperaturerhöhung erreicht werden. Die Drosselung kann veränderbar sein.

Soll der Lader nur als Starthilfe für einen Dieselmotor benutzt werden, kann der Verdrängerlader nach der Startphase außer Funktion gesetzt werden, wozu beispielsweise der Antrieb des Verdrängerladers nach der Startphase unterbrochen wird oder der Ladeluftauslaß des Laders nach der Startphase mit der Atmosphäre verbunden wird.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung besteht aber darin, daß die Phasenlage eines Laders für direkte Nachladung während des Starts auf maximale Laderwirkung eingestellt ist und in den übrigen Betriebszuständen entsprechend der gewünschten Brenngastemperatur angepaßt wird.

Soll ein Lader zur Erhöhung von Drehmoment und/oder Leistung eingesetzt werden, dann ist die Regelung der Brenngastemperatur über die Beeinflussung des Luftmengenstroms im ganzen Betriebsbereich möglich, z.B. durch Zuschalten des Laders, eventuell mit Drosselung verbunden, die veränderlich sein kann.

Ist der verwendete Lader ein Verdrängerlader, dessen Phasenlage mit der Kolbenbewegung des Motors synchronisiert werden kann, dann besteht eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung darin, daß das z.B. aus der europäischen Patentanmeldung Nr. 01 26 465 bekannte Verfahren der direkten Nachladung mit Veränderung der Phasenlage zur Regelung des Mengenstroms und/oder der Verdichtungsendtemperatur herangezogen wird.

Bei Anwendung der direkten Nachladung zusammen mit einem Dieselmotor, kann beim Start des Motors die Phasenlage auf maximale Laderwirkung eingestellt werden, wodurch hohe Luftmengenströme und entsprechende Erhöhungen der Brennlufttemperatur erzielt werden. Diese für den Start günstigen Bedingungen können noch durch Brennluftherhitzung mit der Wärme eines Wärmespeichers erhöht werden. Mit zunehmender Erwärmung des Motors wird man dann Laderleistung und Brennluftherhitzung der jeweiligen Betriebssituation anpassen.

Bei niedriger Teillast z.B. wird man die Laderleistung weitgehend reduzieren und die Brennluftherhitzung angepaßt beibehalten, während bei Vollast des Motors Laderleistung und Luftmenge maximiert werden und die Brennluftherhitzung ausgeschaltet bzw. durch Ladeluftkühlung ersetzt wird.

Insbesondere beim Ottomotor kann eine sinnvolle Beeinflussung der Brennluft vor ihrem Eintritt in den Brennraum darin bestehen, bei Teillast die Brennluft zu

erhitzen, um die Luftmenge und Ladungswechselarbeit zu reduzieren.

Vorteilhafterweise wird die Brennlufterhitzung mit dem sog. Miller-Verfahren kombiniert. Beim Miller-Verfahren wird durch vorzeitigen Einlaßschluß eine Mengenregelung erzielt und damit zugleich eine Expansion und damit Abkühlung der Brennluft verursacht. Diese Abkühlung kann die schädlichen Abgasemissionen erhöhen. Durch Vorwärmung der Brennluft wird dem entgegengewirkt, wobei gleichzeitig ein zusätzlicher Gewinn an Ladungswechselarbeit erreicht wird.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird das Ende der Startphase und der Warmlaufphase angezeigt, sobald in der Nähe des Brennraums eine vorgegebene Temperatur erreicht wird. Diese Anzeige kann in Form eines Steuerimpulses erfolgen, der den Lader außer Funktion setzt oder die Veränderung der Phasenlage gegenüber der Starteinstellung oder Warmlaufeinstellung freigibt und gegebenenfalls entsprechend auf eine zusätzlich oder alternativ verwendete Brennlufterhitzung einwirkt.

Beim Dieselmotor tritt in der Startphase bei noch niedriger Temperatur des Brennraums das bekannte harte Verbrennungsgeräusch auf, das auch als Kaltstartlärm bezeichnet wird. Diese Erscheinung ist deshalb ein Anzeichen dafür, daß die Startphase noch nicht beendet ist. Es kann deshalb auch ein Klopfsensor benutzt werden, um nach dem Beenden des Kaltstartlärms durch ein Steuersignal das Ende der Startphase anzuzeigen.

Nach einer anderen zweckmäßigen Ausführungsform kann das Ende der Startphase durch ein beim Starten ausgelöstes Zeitglied angezeigt werden.

Zur Ermittlung des Endes der Startphase kann auch die Brennlufttemperatur vor dem Einstromen in den Brennraum oder die Abgastemperatur ermittelt werden.

Zur Reduzierung der Verdichtung eines bestehenden Motors kann bei gleichem Hubraum der Brennraum vergrößert werden; es kann der Einlaßschluß auf einen späteren Zeitpunkt verlegt werden, so daß der effektive Hubraum während der Verdichtung reduziert ist; und es kann der Hubraum bei gleichbleibendem Brennraum reduziert werden, z.B. durch Reduzierung des Kolbenhubes. Alle drei Varianten können untereinander kombiniert werden. Sie unterscheiden sich wesentlich in ihren verfahrenstechnischen Auswirkungen.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht jedoch darin, daß bei der Durchführung des Verfahrens mit einem vorgegebenen Motor zur Reduzierung des Verdichtungsverhältnisses auf den erwünschten Wert der Einlaßschluß auf einen späteren Zeitpunkt verlegt wird.

Um die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens zu nutzen, ist ein Motor mit einem gegenüber den bisher üblichen Verdichtungsverhältnissen bei Otto- bzw. Dieselmotoren reduzierten Verdichtungsverhältnis erforderlich. Das Verdichtungsverhältnis ist ein wesentliches Konstruktionsmerkmal eines Motors. Die Entwicklung neuer Motoren erfordert eine jahrelange Arbeit. Insbesondere die Gestaltung des Brennraums ist das Ergebnis jahrelanger Optimierungsversuche. Jede Beeinflussung der Geometrie des Brennraums sollte deshalb nach Möglichkeit unterbleiben, um erneute zeitraubende Entwicklungsarbeit zu vermeiden. Um das erfindungsgemäße Verfahren einzusetzen, könnte man zwar ohne Veränderung der Brennraumgeometrie zur Reduzierung des Verdichtungsverhältnisses auch den Kolbenhub reduzieren, dadurch wird aber auf der Expansions-

seite Hublänge preisgegeben und somit werden wesentliche Eigenschaften eines gegebenenfalls jahrelang bewährten Motors aufgegeben.

Durch die Verschiebung des Einlaßschlusses wird es möglich, das effektive Verdichtungsverhältnis zu senken, ohne die positiven Merkmale eines bewährten Motors nachteilig zu beeinflussen. Zudem bleibt der Expansionshub unverändert. Durch die Differenz zwischen dem vom Kolben bei der Expansion überstrichenen Volumen und dem kleineren Volumen, das der Kolben bei der Verdichtung überstreicht, kann zusätzliche Expansionsenergie genutzt werden.

Zwar ist die Verschiebung des Einlaßschlusses bei Verbrennungsmotoren an sich keine unbekannte Maßnahme, doch hat man sie bisher angewandt, um beim Ottomotor die Drehmomentcharakteristik in Abhängigkeit von der Drehzahl zu ändern und hat dabei die Reduzierung des Verdichtungsverhältnisses als unvermeidbaren, den Kraftstoffverbrauch gegebenenfalls erhöhenden Nachteil in Kauf genommen. Üblicherweise ist hierbei die Auslaßöffnung vorverlegt worden, so daß Verdichtungshub und Expansionshub etwa gleich blieben. Beim Dieselmotor konnte wegen der Kaltstartbedingung das Verdichtungsverhältnis ohnehin nicht reduziert werden.

Die Erfindung schlägt demgegenüber vor, gerade wegen der bisher unerwünschten Reduzierung des Verdichtungsverhältnisses den Einlaßschluß auf einen späteren Zeitpunkt zu verlegen, um dadurch auch bei vorgegebenen, bewährten Motoren ohne negative Auswirkungen die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens nutzbar zu machen.

Sofern man nicht von einem vorgegebenen Motor ausgeht, kann ein Motor zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens derart ausgebildet werden, daß der durch den Einlaßschluß bestimmte effektive Verdichtungshub wesentlich kleiner ist als der durch das Auslaßöffnen bestimmte effektive Expansionshub. Im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten für den geometrischen Hubraum ist es vorteilhaft, den geometrisch verfügbaren Hubraum für den Expansionshub zu nutzen, nicht aber für die Verdichtung, so daß das Brennkammervolumen kleiner gehalten werden kann, was Vorteile im Teillastbereich ergibt.

Um die auf die Brennluft übertragene Wärme vor Verlusten zu schützen, ist der die Brennluft den Motorzylindern zuführende Luftverteiler vorzugsweise mit reduzierter Wärmekapazität ausgeführt. Er kann thermisch isoliert und z.B. als doppelwandige Blechkonstruktion ausgeführt sein, wobei die Kammer zwischen den beiden Wänden gegebenenfalls evakuiert sein kann.

Anhand der nun folgenden Beschreibung der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele der Erfindung wird diese näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer einfachen Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem Wasser-Luft-Wärmetauscher und unter Einbeziehung der Fahrzeugheizung, bei einer luftregelten Ausführungsform der Brennluftbeheizung,

Fig. 3 eine der Fig. 2 ähnliche Darstellung bei einer wasseregulierten Ausführungsform,

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem durch das Abgas beheizbaren Wär-

mespeicher,

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem indirekt durch das Abgas beheizbaren Wärmespeicher,

Fig. 6 eine schematische Darstellung einer Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem durch das Kühlmittel und indirekt durch das Abgas beheizbaren Wärmespeicher,

Fig. 7 eine schematische Anordnung ähnlich Fig. 1 mit einem Lader und einer dem Lader nachgeschalteten Drossel und

Fig. 8 eine schematische Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens bei einem Dieselmotor.

In der nachfolgenden Beschreibung werden in den verschiedenen Figuren gezeigte, gleiche oder einander entsprechende Elemente mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

In allen Figuren ist schematisch ein Vierzylindermotor 10 in Verbindung mit einem Kühlsystem 11 und einem Heizungssystem 13 dargestellt, wobei das Kühlmittel in einem insgesamt mit 15 bezeichneten Kühlmitelkreislauf zirkuliert, der zur Versorgung des Kühlsystems 11 in einen Kühlerkreislauf 17 und einen Heizungskreislauf 28 unterteilt ist. Der Kühlerkreislauf 17 und der Heizungskreislauf 28 vereinigen sich bei 19 zu einer in den Motor 10 zurückführenden Rücklaufleitung 21, die eine Kühlmittelpumpe 23 enthält und bei 42 in den Motor 10 einmündet.

Das Kühlsystem 11 enthält einen Motorthermosstat 25, den Kühler 27 mit einem Kühlgebläse 29 und ein Ausgleichsgefäß 37. Die gezeigte Anordnung ist allgemein bekannt und wird deshalb hier nicht näher erläutert. Das Heizungssystem 13 enthält die Heizung bzw. den Heizungswärmetauscher 26, ein Heizungsgebläse 39 und ein Regelventil 41.

Der Motor 10 wird von einem Luftfilter 12 aus mit Brennluft versorgt. Vom Luftfilter 12 führt zu diesem Zweck eine Luftansaugleitung 14 zu einem Luftverteiler 16. Dieser Luftverteiler 16 ist vorzugsweise mit reduzierter Wärmekapazität ausgeführt. Dabei kann Material mit relativ geringer spezifischer Wärmekapazität verwendet werden, überdies kann der Luftverteiler 16 thermisch isoliert sein. Nach einer bevorzugten Ausgestaltung ist er z.B. als doppelwandige Blechkonstruktion ausgeführt und gegebenenfalls evakuiert.

In Fig. 1 ist stromab vom Luftfilter 12 in der Luftansaugleitung 14 ein Dreiwegeventil 18 angeordnet, von dem aus sich die Luftansaugleitung 14 zum Luftverteiler 16 fortsetzt. Außerdem mündet in das Dreiwegeventil 18 eine Zweigleitung 20, die stromab vom Luftfilter 12 aus der Luftansaugleitung 14 abzweigt und über einen Wärmespeicher 22 geführt ist. Dieser Wärmespeicher 22 weist ein doppeltes Kanalsystem auf, wobei der eine Teil des Kanalsystems von der Brennluft in der Zweigleitung 20 durchströmt wird, während das andere Kanalsystem zur Beheizung des Wärmespeichers 22 mit den heißen Abgasen beaufschlagt wird, die dem Wärmespeicher 22 über eine Abgassammelleitung 24 zugeführt werden, die stromab vom Wärmespeicher 22 über das Auspuffsystem ins Freie mündet.

Die Fig. 2 zeigt eine Anordnung, bei der ein Wärmespeicher mit doppeltem Kanalsystem vermieden wird. Das warme Kühlmittel tritt bei 30 aus dem Motor 10 in den Heizungskreislauf 28 aus und wird zunächst über einen Wasser-Luft-Wärmetauscher 31 geführt, von wo aus es die Fahrzeugheizung 26 durchströmt und dann

über eine Pumpe 32 in den Wärmespeicher 22 gelangt. An den Wärmespeicher schließt sich im Heizungskreislauf eine Abzweigung 34 in einen den Motor umgehenden und stromauf vom Wärmetauscher 31 wieder in den Heizungskreislauf 28 einmündenden Bypass 36 an, der mit einem Rückschlagventil 38 versehen ist. Im Kühlmitelkreislauf 28 folgt stromab von der Abzweigung 34 ein Absperrventil 40, das geeignet ist, den Rückfluß des Kühlmittels bei 42 in den Motor 10 zu unterbinden und dadurch das Kühlmittel über den Bypass 36 zu leiten.

Der Luftverteiler 16 ist mit einer Luftansaugleitung 14 verbunden, die im Anschluß an den Luftfilter 12 ein Dreiwegeventil 44 aufweist, von dem aus die Zweigleitung 20 über den Wärmetauscher 31 geführt ist und bei 46 wieder in die Luftansaugleitung 14 einmündet.

Beim Kaltstart des Motors ist das Absperrventil 40 geschlossen, so daß die Pumpe 32 das Kühlmittel in einem verkürzten Kreislauf vom Wärmespeicher 22 aus über den Bypass 36 durch den Wärmetauscher 31 der Fahrzeugheizung 26 zuführt, von wo aus es erneut über den Wärmespeicher 22 geführt wird, um weitere Wärme an den Wärmetauscher 31 und die Fahrzeugheizung 26 heranzuführen.

Sobald der Motor eine ausreichende Betriebstemperatur erreicht hat, wird das Absperrventil 40 geöffnet, worauf die Pumpe 32 das Kühlmittel aufgrund des Widerstandes des Rückschlagventils 38 durch den Motor 10 fördert, von wo aus es über den Wärmetauscher 31 und die Fahrzeugheizung 26 wieder zum Wärmespeicher 22 geführt wird, der auf diese Weise durch das warme Kühlmittel geladen werden kann.

Beim Kaltstart ist das Dreiwegeventil 44 derart eingestellt, daß die Brennluft über die Zweigleitung 20 und damit über den Wärmetauscher 31 geführt wird, so daß der Motor 10 mit erwärmter Brennluft versorgt wird. Ist eine Beheizung der Brennluft nicht erforderlich, wird das Dreiwegeventil 44 umgestellt und die Brennluft wird vom Luftfilter 12 direkt über die Luftansaugleitung 14 dem Luftverteiler 16 zugeführt.

Bei der in Fig. 3 gezeigten Anordnung, die bis auf die fehlende Zweigleitung 20 mit der Fig. 2 übereinstimmt, wird die Regelung der Brennluftbeheizung nicht durch die wahlweise Umschaltung der Luftführung auf die Zweigleitung 20, sondern durch die Umgehung des Wärmetauschers 31 durch das vom Motor 10 kommende Kühlmittel über den Bypass 35 oder durch die Durchströmung des Wärmetauschers 31 durch das Kühlmittel nach dem Schließen einer Drossel 33 im Bypass 35 bewirkt.

Die Fig. 4 zeigt eine Anlage, bei welcher der Wärmespeicher ebenfalls nur ein Kanalsystem aufweist, welches jedoch abwechselnd zur Beheizung des Wärmespeichers vom Motorabgas und zur Erwärmung der Brennluft von dieser durchströmt werden kann. Im Anschluß an den Luftfilter 12 ist ein Dreiwegeventil 44 angeordnet, von dem aus die Luftansaugleitung 14 direkt zum Luftverteiler 16 führt. Vom Dreiwegeventil 44 führt eine Zweigleitung 20a zu einem Dreiwegeventil 48, das über eine Leitung 50 mit einem weiteren Dreiwegeventil 52 verbunden ist. Die Leitung 50 durchquert dabei den Wärmespeicher 22. An das Dreiwegeventil 52 schließt sich eine Zweigleitung 20b an, die bei 42 in die Luftansaugleitung 14 mündet. Außerdem ist das Dreiwegeventil 52 über eine Leitung 54 mit einem Dreiwegeventil 56 verbunden, das außerdem an die Abgassammelleitung 24 angeschlossen ist. Die beiden Dreiwegeventile 48 und 56 sind durch eine am Wärmespeicher 22 vorbeiführende Leitung 58 verbunden, die mit dem Aus-

puff 60 in Verbindung steht.

Beim Kaltstart bzw. bei einem Bedarf für eine Beheizung der Brennluft werden die Dreiwegeventile 44, 48, 52 und 56 derart eingestellt, daß die über den Luftfilter 12 angesaugte Brennluft über die Zweigleitung 20a und die Leitung 50 über den Wärmespeicher 22 und von diesem über die Zweigleitung 20b in die Luftansaugleitung 14 geführt wird, während die Motorabgase von der Abgassammelleitung 24 beim Dreiwegeventil 56 in die Leitung 58 eingeleitet und dadurch dem Auspuff 60 zugeführt werden. Ist eine Beheizung der Brennluft nicht erforderlich, werden die Dreiwegeventile 44, 48, 52 und 56 umgestellt, so daß die über den Luftfilter 12 einströmende Brennluft direkt in die Luftansaugleitung 14 einströmen kann. Zugleich wird das Abgas beim Dreiwegeventil 56 in die Leitung 54 eingeleitet und gelangt über das Dreiwegeventil 52 in die Leitung 50, so daß das Abgas zur Beheizung des Wärmespeichers 22 eingesetzt wird und erst beim Dreiwegeventil 48 in die Leitung 58 und von dort zum Auspuff 60 gelangt.

Die Fig. 5 zeigt eine Anordnung, bei welcher der Wärmespeicher 22 ebenfalls durch das Motorabgas beheizt wird, wobei jedoch der Wärmespeicher nur ein Kanalsystem aufweist, weil die Beheizung des Wärmespeichers 22 indirekt über einen Wärme vom Abgas aufnehmenden Luftkreislauf erfolgt.

In Fig. 5 führt vom Luftfilter 12 die Luftansaugleitung 14 direkt zum Luftverteiler 16 am Motor 10. Stromab vom Luftfilter 12 ist eine Zweigleitung 20 angeschlossen, die zu einem Abgas-Luft-Wärmetauscher 64 und von diesem über den Wärmespeicher 22 und über das Dreiwegeventil 18 zurück zur Luftansaugleitung 14 führt. Über den Abgas-Luft-Wärmetauscher 64 ist ausserdem die Abgassammelleitung 24 geführt. Wahlweise zweigt zwischen dem Wärmespeicher 22 und dem Dreiwegeventil 18 aus der Zweigleitung 20 eine Rückführleitung 66 ab, die über ein Gebläse 68 zu einem stromauf vom Wärmetauscher 64 angeordneten Dreiwegeventil 62 führt.

Beim Kaltstart oder bei anderweitigem Bedarf an vorgewärmter Brennluft wird das Dreiwegeventil 18 derart eingestellt, daß die über den Luftfilter 12 angesaugte Brennluft die Leitung 20 und damit den Abgas-Luft-Wärmetauscher 64 und den Wärmespeicher 22 durchströmt und über das Dreiwegeventil 18 in die Luftansaugleitung 14 und über den Luftverteiler 16 dem Motor 10 zuströmt.

Sobald eine Erwärmung der Brennluft nicht mehr erforderlich ist, werden die Dreiwegeventile 62 und 18 derart umgestellt, daß die Brennluft vom Luftfilter 12 über die Luftansaugleitung 14 unmittelbar zum Luftverteiler 16 strömt, während sich andererseits über das Dreiwegeventil 62 ein geschlossener Luftkreislauf ergibt, der über den Abgas-Luft-Wärmetauscher 64, den Wärmespeicher 22 und das Gebläse 68 führt, das bei dieser Einstellung in Betrieb gesetzt wird und einen Luftkreislauf über die Rückführleitung 66, den Abgas-Luft-Wärmetauscher und den Wärmespeicher 22 aufrechterhält, so daß die in diesem Kreislauf zirkulierende und im Abgas-Luft-Wärmetauscher 64 erhaltene Luft den Wärmespeicher 22 beheizt. Die Fig. 6 zeigt eine weitere Variante einer Anlage, bei der der Wärmespeicher 22 einerseits durch das Kühlmittel und andererseits indirekt auch durch das Abgas beheizt werden kann.

Die Anlage nach Fig. 6 entspricht in wesentlichen Elementen der in Fig. 2 gezeigten Anlage. Es ist jedoch im Heizungskreislauf 28 in dem vom Motor 10 zum Wasser-Luft-Wärmetauscher 31 führenden Leitungs-

zweig stromauf von der Einmündung des Bypass 36 ein Abgas-Wasser-Wärmetauscher 70 angeordnet, der ständig vom Kühlmittel durchströmt wird. Die vom Abgassammler 24 ausgehende Abgasleitung 72 ist ebenfalls über den Abgas-Wasser-Wärmetauscher 70 geführt, besitzt jedoch einen diesen Abgas-Wasser-Wärmetauscher 70 umgehenden Bypass 74, der mit einem Absperrventil 76 versehen ist.

Solange das Kühlmittel noch nicht die erforderliche Betriebstemperatur erreicht hat, kann durch Schließen des Absperrventils 76 das heiße Abgas durch den Abgas-Wasser-Wärmetauscher 70 geleitet werden und gibt somit zusätzlich Wärme an das Kühlmittel ab. Sobald die zusätzliche Beheizung des Kühlmittels aus dem Abgas unerwünscht ist, wird das Absperrventil 76 geöffnet, so daß die Abgase am Wärmetauscher 70 vorbeigeführt werden können.

Die Anordnung nach Fig. 7 unterscheidet sich von der Anordnung nach Fig. 1 dadurch, daß parallel zur Zweigleitung 20 eine weitere Zweigleitung 80 angeordnet ist, die stromauf vom Wärmespeicher 22 bei 82 abzweigt und zur Saugseite eines Laders 84 führt. Von der Druckseite des Laders 84 ist die Zweigleitung 80 über eine einstellbare Drossel 86 zur Zweigleitung 20 zurückgeführt, in die sie über ein Dreiwegeventil 88 stromauf vom Wärmespeicher 22 einmündet. Zwischen der Drossel 86 und dem Dreiwegeventil 88 ist ein weiteres Dreiwegeventil 90 angeordnet, von dem eine den Wärmespeicher 22 umgehende Leitung 92 direkt stromab vom Dreiwegeventil 18 in die Luftansaugleitung 14 einmündet.

Diese Anordnung erlaubt es, die Brennluft direkt vom Luftfilter 12 zum Luftverteiler 16 zu leiten, oder nach Umstellung des Dreiwegeventils 18 die Brennluft über die Zweigleitung 20 zu führen. Dabei wird die Brennluft je nach Stellung des Dreiwegeventils 88 entweder direkt über den Wärmespeicher 22 oder den Lader 84 geführt. Nach dem Austritt aus dem Lader 84 kann die Temperatur der Brennluft je nach Einstellung der Drossel 86 zusätzlich erwärmt werden. Sollte noch eine weitere Erwärmung erforderlich sein, wird das Dreiwegeventil 90 so eingestellt, daß die aus dem Lader 84 kommende Brennluft über den Wärmespeicher 22 geführt wird. Andernfalls kann die Brennluft unter Umgehung des Wärmespeichers 22 über die Leitung 92 direkt zur Luftansaugleitung zurückgeführt werden.

In ähnlicher Weise kann die Brennluft aus dem Lader 84 auch zur weiteren Erwärmung wahlweise über einen mit Motorabwärme versorgten Wärmetauscher geführt werden.

Die Fig. 8 zeigt eine speziell für Dieselmotoren bestimmte Anordnung. Die über den Luftfilter 12 angesaugte Brennluft wird durch ein Dreiwegeventil 94 entweder direkt zum Dreiwegeventil 44 geführt, das entsprechend der in Fig. 2 gezeigten Anordnung die Brennluft entweder über einen Wärmetauscher 31 oder direkt zur Luftansaugleitung 14 leitet, oder die Brennluft wird zunächst der Saugseite eines Kolbenladers 96 zugeführt, die mit einem Rückschlagventil 98 versehen ist. Gleichermaßen weist auch die Druckseite des Kolbenladers 96 ein Rückschlagventil 100 auf. Die Druckseite des Kolbenladers 96 ist zwischen den Dreiwegeventilen 44 und 94 mit der Luftansaugleitung verbunden, so daß die vom Lader 96 kommende Brennluft wahlweise über den Wärmetauscher 31 oder an diesem vorbei geführt werden kann.

Der Antrieb des Kolbenladers 96 wird über einen Bandtrieb 102 von der Kurbelwelle des Motors abgelei-

tet, so daß sich der Kolben 104 des Laders synchron mit der Kolbenbewegung des Motors 10 bewegt. Die Phasenlage des Laderkolbens 104 gegenüber den Motor-
kolben kann durch eine an sich bekannte Stellvorrich-
tung 106 verändert werden, die geeignet ist, das Längen-
verhältnis zwischen treibendem und getriebenem Band-
trum zu verändern. Mit der Veränderung der Phasenlage
von Lader und Motor wird die Phasenlage zwischen
der Öffnungszeit des zu ladenden Motorzylinders und
dem Förderhub des Laders und damit der Anteil der in
den Motorzylinder gelangenden, vom Lader verdichteten
Brennluft verändert.

Um die Temperatur der dem Motor 10 zuströmenden
Brennluft zu ermitteln, ist in der Luftansaugleitung 14
stromab von der der Beheizung der Brennluft dienen-
den Einrichtung in der Ansaugleitung 14 eine Tempera-
turmeßvorrichtung 47 angeordnet, deren Ausgang mit
einer nicht gezeigten, der allgemeinen Motorregelung
dienenden Regelungseinrichtung verbunden ist, um z.B.
die überschüssige Brennstoffzugabe oder die Zünd-
oder Einspritzzeiten zu regeln.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Verbrennungsmotors, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Motor mit einem Verdichtungsverhältnis, das auf den niedrigsten, im betriebswarmen Zustand erwünschten Wert reduziert ist, die Brennluft unter Berücksichtigung eines vorgegebenen optimalen Brenngastemperaturverlaufs vor ihrem Eintritt in die Brennkammer des Motors entsprechend der jeweiligen Betriebssituation beeinflusst wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur der Brennluft beeinflusst wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Mengenstrom der Brennluft beeinflusst wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur der Brennluft durch Wärmetausch beeinflusst wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur der Brennluft durch Rückführung von Verlustwärme des Motors durch Wärmetausch beeinflusst wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß dem Wärmetauscher Verlustwärme aus dem Kühlwasser des Motors zugeführt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß dem Wärmetauscher Verlustwärme aus dem Motorabgas zugeführt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Verlustwärme des Motors indirekt über einen Wärmespeicher an die Brennluft abgegeben wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Verlustwärme des Motors indirekt über einen Latentwärmespeicher an die Brennluft abgegeben wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennluftstrom in einen über einen Wärmetauscher führenden und einen den Wärmetauscher umgehenden Zweig aufgeteilt wird und die Temperatur der Brennluft durch Regelung des Verhältnisses der Mengenströme in beiden Zweigen beeinflusst wird.

11. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennluft durch einen Lader beeinflusst wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennluft durch Drosselung des Laders beeinflusst wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Drosselung veränderbar ist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Lader nach der Startphase außer Funktion gesetzt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb des Laders nach der Startphase unterbrochen wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Ladeluftauslaß des Laders nach der Startphase mit der Atmosphäre verbunden wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16 zum Betrieb eines Dieselmotors mit einem mit der Motorbewegung synchronisierten Verdrängerlader und einer Einrichtung zur Veränderung der Phasenlage des Verdrängerladers gegenüber der Kolbenbewegung des Motors, dadurch gekennzeichnet, daß zum Kaltstart des Dieselmotors die Phasenlage derart eingestellt wird, daß zur Erzeugung der mindestens erforderlichen Brenngastemperatur das vom Lader verdrängte Volumen unmittelbar vor dem Einlaßschluß möglichst vollständig in den saugenden Motorzylinder ausgeschoben wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasenlage des Laders nach der Startphase verschoben wird.

19. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Lader in allen Betriebszuständen zumindest einen Teil der mit der Absenkung des Verdichtungsverhältnisses des Motors verbundenen Reduzierung der Brenngastemperatur kompensiert.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Laderwirkung geregelt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung durch Drosselung des Laderdurchsatzes geschieht.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 21 zum Betrieb eines Verbrennungsmotors mit einem mit der Motorbewegung synchronisierten Verdrängerlader und einer Einrichtung zur Veränderung der Phasenlage des Verdrängerladers gegenüber der Kolbenbewegung des Motors, dadurch gekennzeichnet, daß die Beeinflussung der Brenngastemperatur durch Veränderung der Phasenlage erfolgt.

23. Verfahren nach Anspruch 22 zum Betrieb eines Dieselmotors, dadurch gekennzeichnet, daß zum Kaltstart des Dieselmotors die Phasenlage auf maximale Laderwirkung eingestellt wird.

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Beeinflussung der Brenngastemperatur durch Wärmetausch mit der Brennluft ergänzbar ist.

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Erwärmung der Brennluft durch einen Wärmespeicher erfolgt.

26. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Erwärmung der Brennluft durch Wärmetausch mit dem Kühlwasser des Motors er-

folgt.

27. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Beeinflussung der Brenngastemperatur durch die Kühlung der aus dem Lader kommenden Brennluft erfolgt.

28. Verfahren nach Anspruch 2 insbesondere zum Betrieb eines Ottomotors, dadurch gekennzeichnet, daß im Teillastbereich die Beeinflussung der Menge der Brennluft durch Erhitzung der Brennluft geschieht.

29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß eine zusätzliche Luftmengenregelung vorhanden ist.

30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzliche Luftmengenregelung nach dem Miller-Verfahren geschieht.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 14, 15, 16 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Ende der Startphase angezeigt wird sobald in der Nähe des Brennraums eine vorgegebene Temperatur erreicht wird.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 14, 15, 16 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Ende der Startphase durch einen Klopfsensor ermittelt wird.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 14, 15, 16 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Ende der Startphase durch ein beim Starten ausgelöstes Zeitglied angezeigt wird.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 14, 15, 16 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Ende der Startphase durch Überwachung der Brennlufttemperatur vor dem Einströmen in den Brennraum ermittelt wird.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 14, 15, 16 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Ende der Startphase durch Überwachung der Abgastemperatur ermittelt wird.

36. Verfahren nach Anspruch 1, durchgeführt mit einem vorgegebenen Motor, dadurch gekennzeichnet, daß bei diesem Motor zur Reduzierung des Verdichtungsverhältnisses auf den erwünschten Wert der Einlaßschluß auf einen späteren Zeitpunkt verlegt wird.

37. Verbrennungsmotor zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der durch den Einlaßschluß bestimmte effektive Verdichtungshub wesentlich kleiner ist als der durch das Auslaßöffnen bestimmte effektive Expansionshub.

38. Verbrennungsmotor zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 37 mit einem die Brennluft den Motorzylindern zuführenden Luftverteiler (16), dadurch gekennzeichnet, daß der Luftverteiler thermisch isoliert ist.

39. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 37, dadurch gekennzeichnet, daß der Luftverteiler (16) doppelwandig ausgebildet ist.

40. Verbrennungsmotor nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen den beiden Wänden eingeschlossene Kammer evakuiert ist.

41. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 38 bis 40, dadurch gekennzeichnet, daß der Luftverteiler (16) als doppelwandige Blechkonstruktion ausgebildet ist.

42. Verbrennungsmotor zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 37, dadurch gekennzeichnet, daß der Luftverteiler (16) aus einem Material mit reduzierter Wärmekapazität besteht.

tät besteht.

43. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 38 bis 41, dadurch gekennzeichnet, daß der Luftverteiler (16) aus einem Material mit reduzierter Wärmekapazität besteht.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

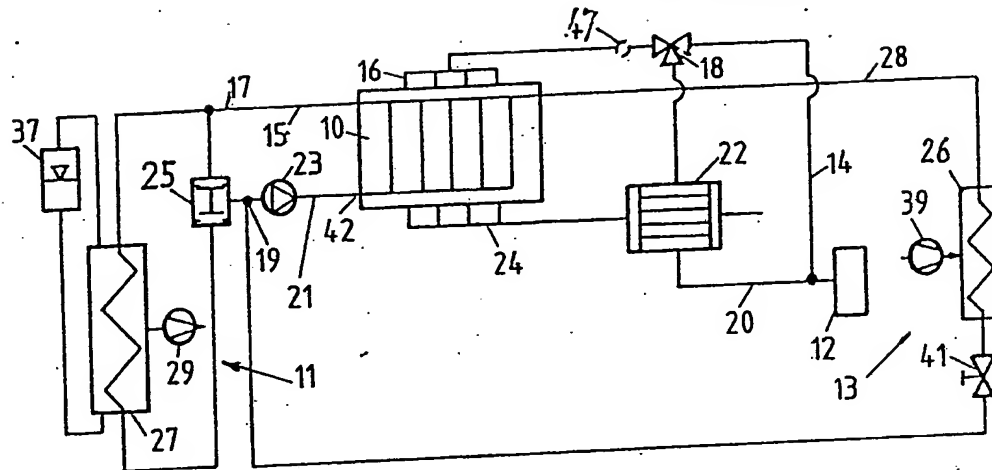


Fig.1

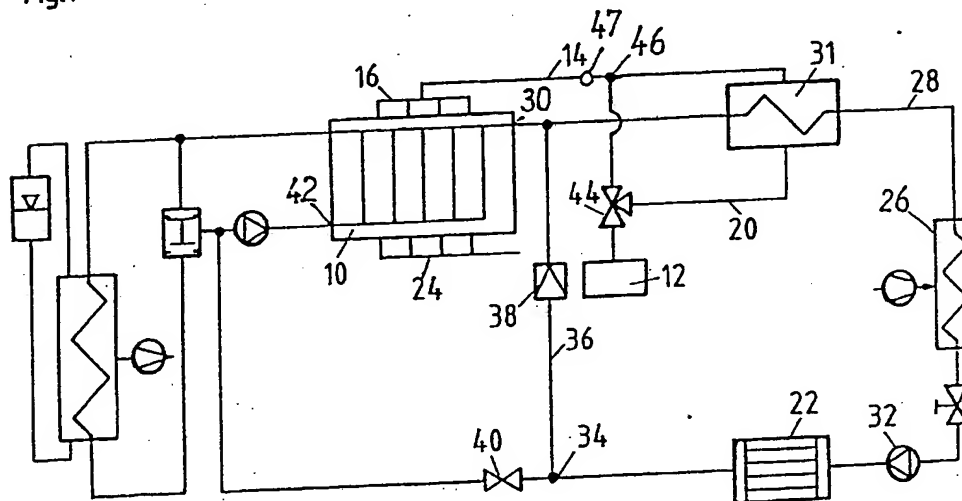


Fig.2

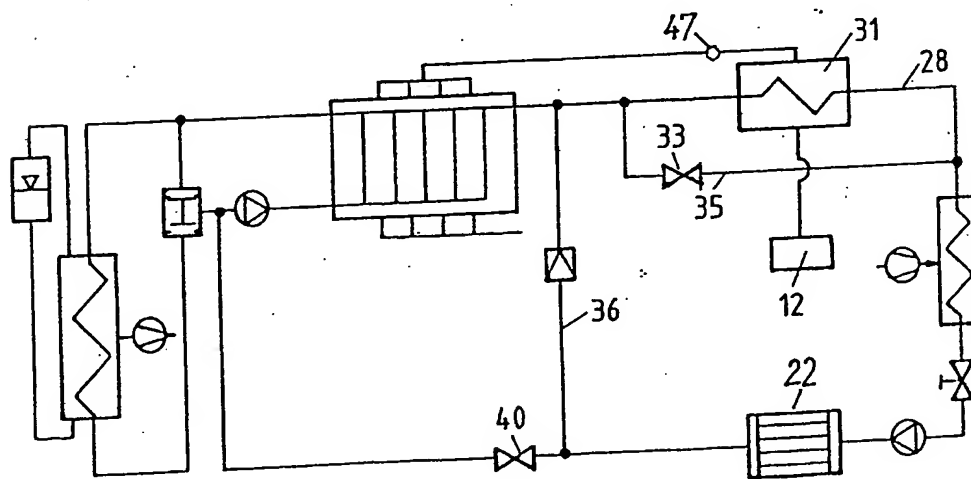


Fig.3

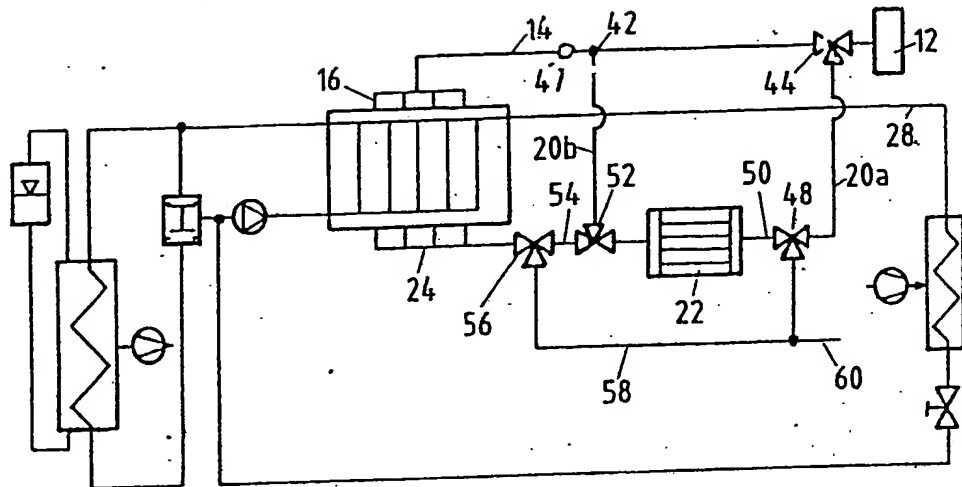


Fig. 4

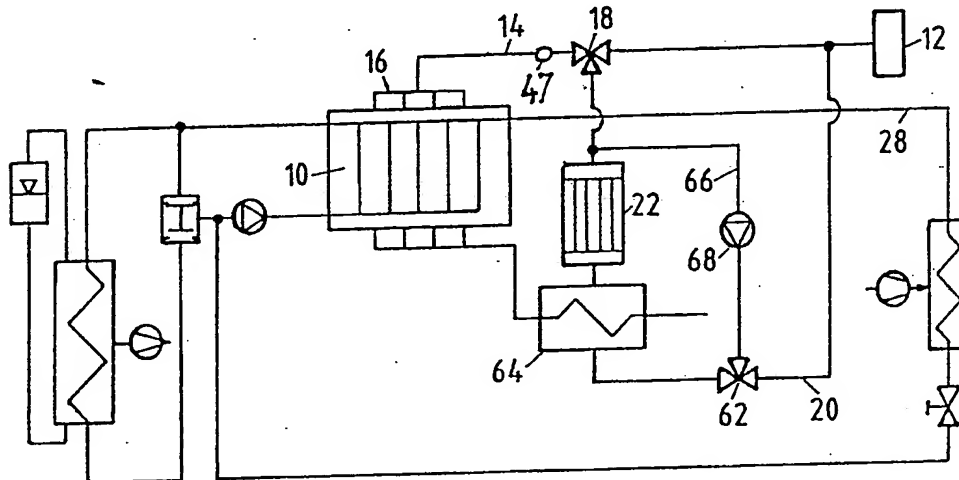


Fig. 5

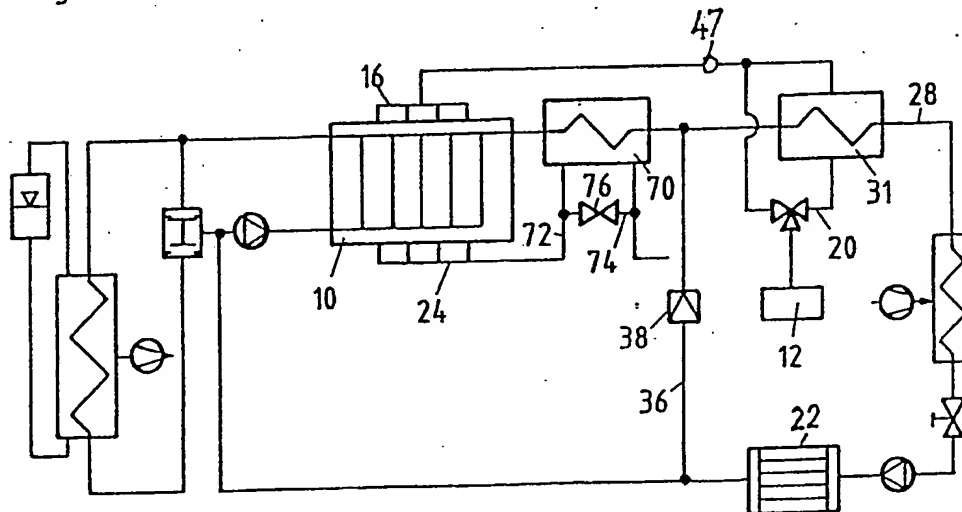


Fig. 6

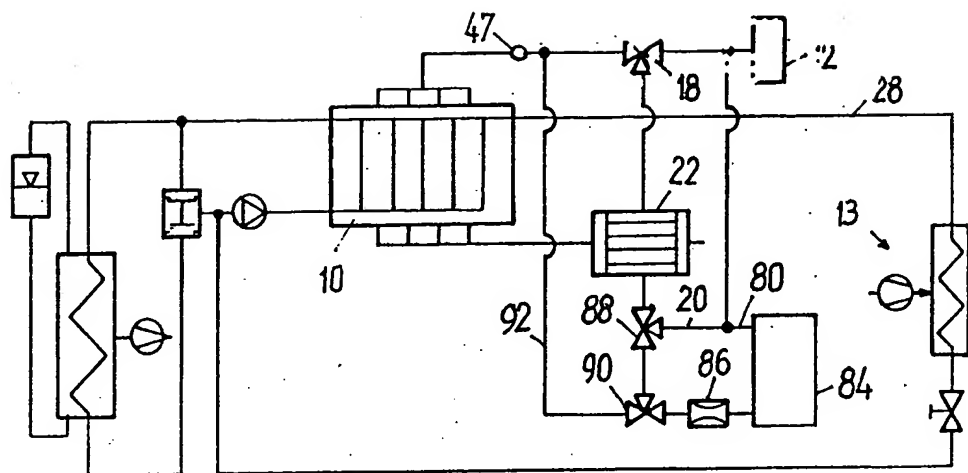


Fig. 7

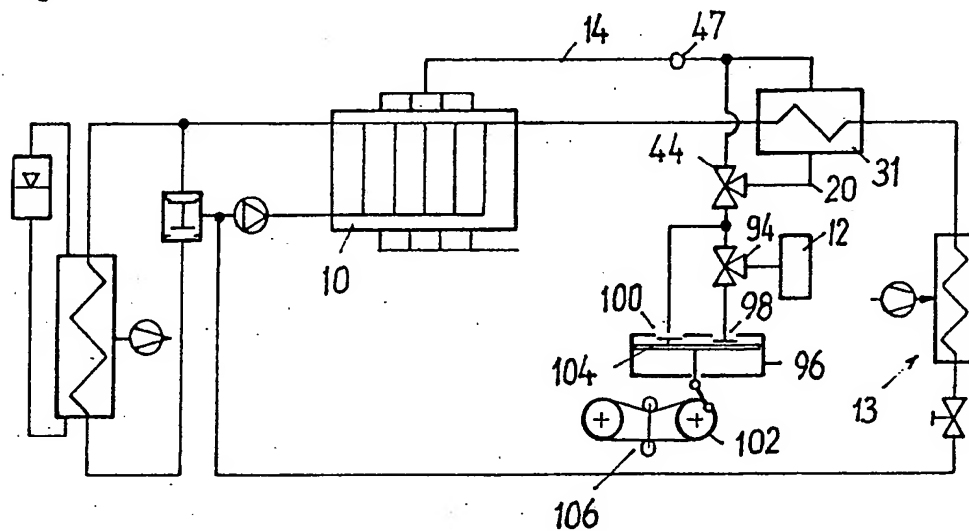


Fig. 8

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.